

УДК 62-1

Е. Н. Власов, А. Ю. Елифанова, Ю. А. Добрынин
(E. N. Vlasov, A. Yu. Eriphanova, Yu. A. Dobryinin)
СПбГЛТУ, Санкт-Петербург
(SPbSFTU, Saint-Petersburg)

**ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ
НА РАБОТУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**
(INFLUENCE OF THE FIELD SURFACE PROFILE
ON THE OPERATION OF THE MACHINE-TRACTOR UNIT)

Рассмотрено влияния профиля поверхности поля на работу машинно-тракторного агрегата. Делается вывод, что нормированные спектральные плотности процессов изменения тягового сопротивления при холостом ходе и пахоте обладают наибольшей информативностью о характере случайного процесса.

The influence of the field surface profile on the operation of the machine-tractor unit is considered. It is concluded that the normalized spectral densities of the processes of changes in traction resistance at idle and plowing have the greatest information about the nature of the random process

Профиль поверхности поля является одним из основных видов внешнего воздействия на машинно-тракторный агрегат (МТА), он влияет на неравномерность хода рабочих органов, линейные и угловые колебания всего МТА. На практике неровности поверхности поля оценивают профилированием, получая случайную функцию $z_n(L)$ пути L . По профилограмме получают корреляционную функцию $R_z(L, L+l)$ и спектральную плотность $S_z(\bar{\omega})$ стационарного случайного процесса. Характеристики $R_z(L, L+l)$, $S_z(\bar{\omega})$ определяют изменения ординат неровностей в функции пути. При изучении динамики МТА воздействие микропрофиля пути зависит от скорости движения, поэтому случайный процесс принято рассматривать с аргументом времени t .

Исследования профилей полей и их влияние на динамику МТА наиболее полно нашли отражение в работах [1, 2]. В работе [1] приводятся кривые корреляционных функций $\rho(l)$ и спектральных плотностей $S_z(\bar{\omega})$, полученные в результате обработки ансамбля профилограмм различных участков одного поля (рис. 1).

На рис. 2 видно, что поля в разных зонах отличаются длиной и высотой неровностей, диапазон частот для всех трех кривых находится в пределах $\bar{\omega}_c \approx 1,8 \dots 2,5 \text{ м}^{-1}$, а основная доля дисперсии приходится на диапазон до 2 м^{-1} .

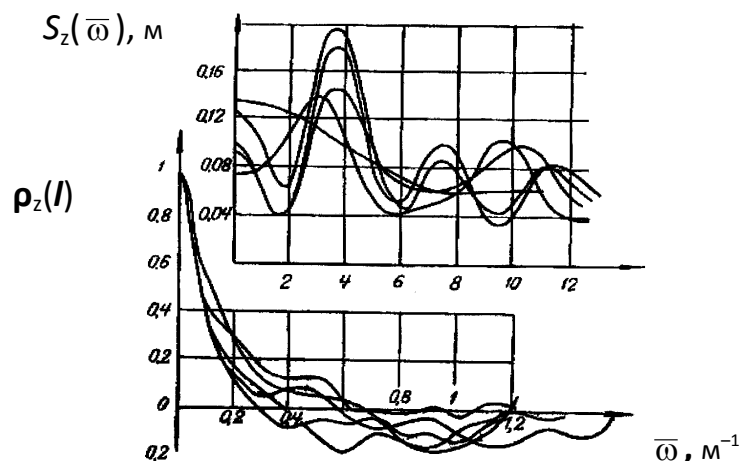


Рис. 1. Корреляционные функции и спектральные плотности профилей различных участков одного поля

На рис. 1 видно, что характер изменения кривых корреляционных функций и спектральных плотностей в основном повторяется и имеет незначительные отличия по величине.

$$S_z(\bar{\omega})$$

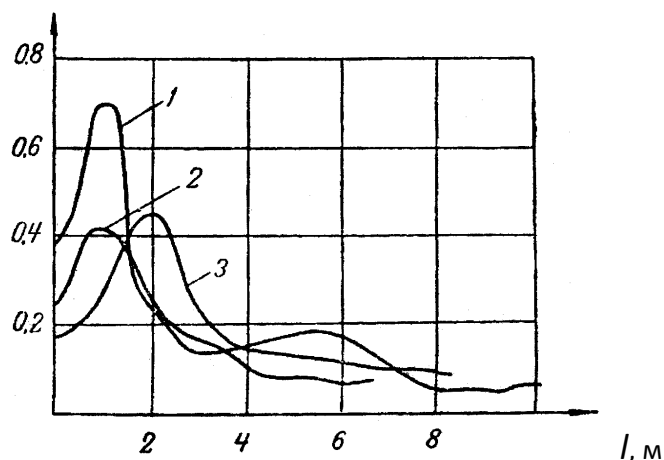


Рис. 2. Нормированные спектральные плотности полей:
1 – Краснодарский край; 2 – Великолукский район;
3 – Северо-Западная зона России

В соответствии с полученными данными все поля можно разделить как по дисперсии, так и по частоте среза спектральной плотности на три группы:

– по дисперсии $D_z \leq 2 \text{ см}^2$ ($\sigma_z \leq 1,4 \text{ см}$), $2 \text{ см}^2 < D_z \leq 4 \text{ см}^2$ ($1,4 \text{ см} < \sigma_z \leq 2 \text{ см}$), $D_z > 4 \text{ см}^2$ ($\sigma_z > 2 \text{ см}$);

- по частоте среза $\bar{\omega}_c \leq 4,5 \text{ м}^{-1}$, $4,5 \text{ м}^{-1} < \bar{\omega}_c \leq 12 \text{ м}^{-1}$, $\bar{\omega}_c \geq 12 \text{ м}^{-1}$.

В работе [1] также отмечается, что профилограммы, снятые с различных участков одного поля, имеют близкие значения числовых характеристик (рис. 1). Соответственно всем полям можно дать количественную

оценку по дисперсии, усредненным корреляционным функциям и спектральным плотностям. Влияние микронеровностей на энергозатраты МТА будет зависеть и от скорости его движения.

Для среднестатистической оценки качества работы МТА на практике используют математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и корреляционную функцию случайного процесса. Однако такая оценка не всегда может давать достаточно точные результаты, так как все перечисленные показатели существенно зависят от скорости движения МТА. Нормированные спектральные плотности $S_F(\omega)$ процессов изменения тягового сопротивления плуга (рис. 3) при холостом ходе и рабочем ходе обладают большей информативностью о характере случайного процесса.

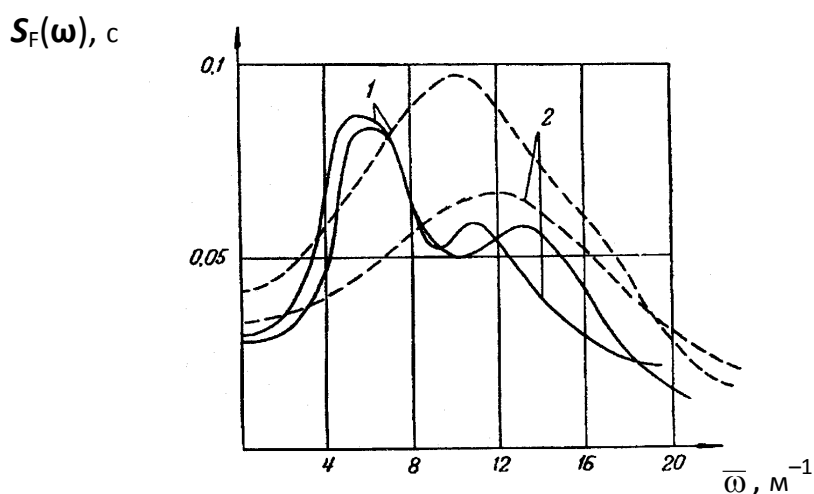


Рис. 3. Нормированные спектральные плотности тягового сопротивления плуга П-5-35МГ:

1 – скорость движения 5,08 км/ч; 2 – скорость движения 7,0 км/ч

На рис. 3 видны два максимума $S_F(\omega)$ в рабочем режиме и один в – холостом. Во втором случае при $\omega \approx 10 \text{ с}^{-1}$, а в первом – при $\omega \approx 6 \text{ с}^{-1}$, $\omega \approx 11 \text{ с}^{-1}$ и 13 с^{-1} .

Аналогичная закономерность наблюдается и при работе навесного плуга (рис. 4); у $S_F(\omega)$ четыре процесса: изменения глубины обработки почвы; реакции почвы на опорное колесо плуга, горизонтальные составляющие усилий в нижних и верхних тягах навески.

При скорости движения 5,08 км/ч основная доля $S_F(\omega)$ приходится на интервал следующих частот:

- 6...7 с^{-1} – у процесса изменения усилий на опорном колесе плуга;
- 7...8 с^{-1} – у процесса изменения реакций на опорном колесе плуга;
- 8...10 с^{-1} – у процесса изменения усилий в тягах навески.

Увеличение скорости движения МТА до 8,1 км/ч сопровождается расширением спектра частот у всех четырех процессов, хотя сама плотность несколько уменьшается. Объясняется это увеличением скорости

движения и, как следствие, возросшей частотой встречи агрегата с неровностями поверхности поля.

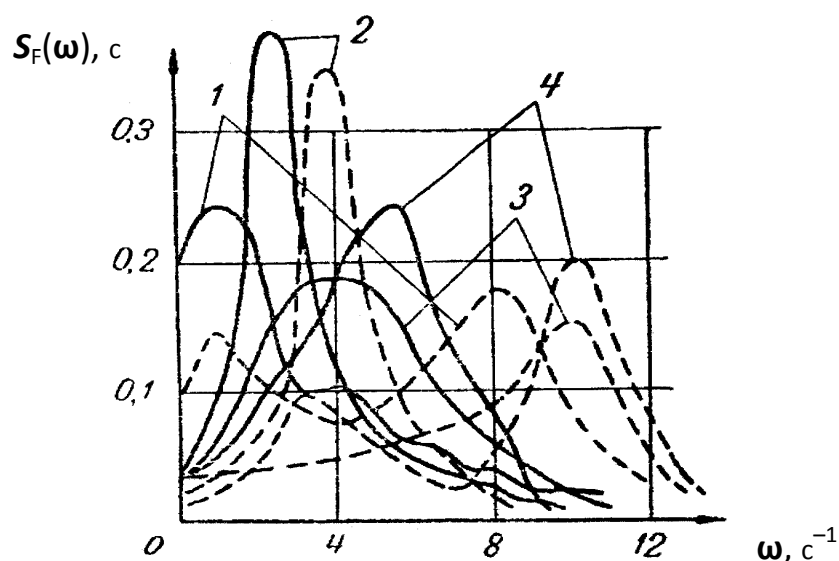


Рис. 4. Нормированные спектральные плотности процессов: 1 – изменения глубины обработки почвы; 2 – реакции почвы на опорное колесо плуга; 3, 4 – горизонтальных составляющих усилий в нижних и верхних тягах навески соответственно; ——— скорость 5,08 км/ч; - - - - - скорость 8,1 км/ч

Из вышеизложенного следует, что для процессов обработки почвы характерен низкочастотный спектр (не более $5,0 \dots 5,5 \text{ с}^{-1}$). При скоростях движения до $5 \dots 7 \text{ км/ч}$ частота не превышает $5 \dots 15 \text{ с}^{-1}$, а для скоростей движения $15 \dots 18 \text{ км/ч}$ спектры дисперсий ряда процессов растягиваются и частоты спектральных плотностей достигают $25 \dots 30 \text{ с}^{-1}$. Из характера изменения кривых спектральных плотностей следует:

- спектры частот процессов при изменении глубины пахоты и реакции на опорном колесе плуга (кривые 1, 2) не превышают $10 \dots 12 \text{ с}^{-1}$ с максимумом 4 с^{-1} и $7,5 \text{ с}^{-1}$, соответственно;
- процессы изменения горизонтальных составляющих усилий в тягах навески (кривые 3, 4) являются также узкополосными, максимумы приходятся на частоту 10 с^{-1} ;
- процесс изменения нагрузки передней оси трактора (кривая 5) имеет два максимума на частотах $2,5 \text{ с}^{-1}$ и 20 с^{-1} , но спектр частот сдвинут в сторону $20 \dots 25 \text{ с}^{-1}$;
- процессы изменения крутящих моментов на полуосях трактора (кривые 6, 7) оказались более растянутыми (до 22 с^{-1}) с максимумом на частотах $2,5 \text{ с}^{-1}$ и 19 с^{-1} .

В представленных на рис. 5 спектральных плотностях процесса взаимодействия МТА с микрорельефом поля учтены физико-механические характеристики почвы, конструктивные особенности плуга, поддрессоривания трактора и динамики привода. По аналогии с выполненными исследованиями

работы трактора ЛХТ-55 с плугом ПКЛ-70-4 [3] можно сделать заключение о распределении влияния перечисленных факторов по интервалам частот (рис. 5).

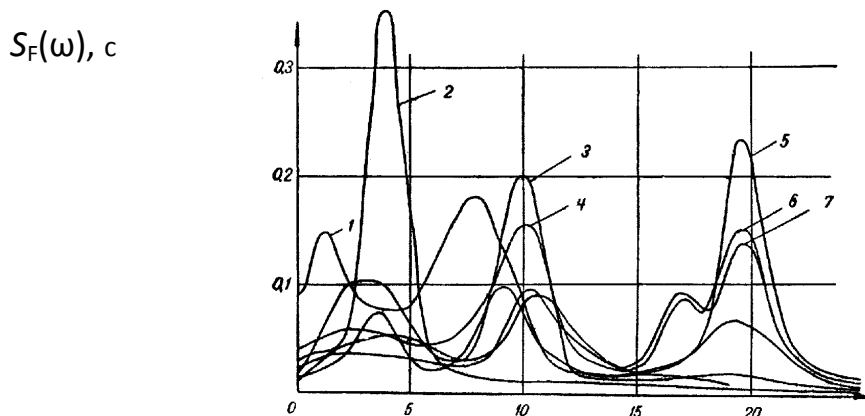


Рис. 5. Нормированные спектральные плотности МТА

«МТЗ-50 с плугом ПН-3-35»: 1 – изменения глубины пахоты; 2 – изменения реакции почвы на опорном колесе навесного плуга; 3, 4 – колебания горизонтальных составляющих усилий в верхней и нижней тягах навески; 5 – изменения нагрузки передней оси трактора; 6, 7 – колебания крутящих моментов на левой и правой полуосях

– в диапазоне частот $0...5\text{ с}^{-1}$ наибольшее влияние микрорельефа поля (кривые 1, 2) и силовой передачи;

– в диапазоне частот $5...12\text{ с}^{-1}$ преобладает влияние вертикальных и продольно-угловых колебаний остова трактора и физико-механических характеристик почвы (кривые 3, 4);

– в диапазоне частот $15...25\text{ с}^{-1}$ (кривая 5) доминирует влияние угловых колебаний трактора относительно оси подвеса плуга, кривые 6, 7 отражают влияние касательной силы тяги на колебания остова трактора относительно оси подвеса плуга.

Из вышесказанного следует, что существуют интервалы частот с повышенными спектральными плотностями, создающими переменную нагруженность в подвесе, силовой передаче и агрегатах МТА, и как следствие, ухудшающие качество выполняемых технологических операций.

Библиографический список

1. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л. : Колос, 1970. – 376 с.
2. Лурье А. Б. Автоматизация сельскохозяйственных агрегатов. – Л. : Колос, 1967. – 264 с.
3. Антипин В. П., Каршев Г. В. Влияние конструктивных параметров трактора и динамических характеристик двигателя на его энергозатраты. // Использование динамических характеристик рабочих процессов тепловых двигателей для проектирования, эксплуатации, диагностики и ремонта. Академия наук РТ. – Казань : ФЭН, 2004. – С. 29–34.